RESEARCH HIGHLIGHT

January 2006

Technical Series 06-102

EVALUATION OF AIR LEAKAGE CONTROL MEASURES TO COMPARTMENTALIZE NEWLY CONSTRUCTED SUITES IN A HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDING

INTRODUCTION

Both practical experience and research have shown that air movement from floor to floor and suite to suite is relatively common in multi-unit residential buildings (MURBs). While smoke and fire control measures are implemented where building services penetrate fire separations, little other attention is given during construction to ensuring the airtightness of internal partitions. Limiting the amount of uncontrolled air movement within MURBs will improve building performance by

- reducing odour transfer between suites
- enhancing smoke and fire integrity between zones
- limiting stack and wind effect pressures across the building envelope that could otherwise adversely affect durability
- reducing ventilation air flows needed to maintain pressurization in corridors
- minimizing paths for sound transfer between suites
- permitting better sizing of in-suite ventilation and space conditioning systems
- enhancing occupant comfort

While the intrinsic benefits of air leakage control *within* MURBs are relatively well-understood, there is little practical knowledge available regarding how easily internal partitions between suites, and between suites and common areas could be sealed. Accordingly, CMHC initiated a research project to assess the extent to which suites could be air sealed from one another, from other adjacent interior areas, and from the outdoors, using readily available technologies and construction practices.

NOTE: Air sealing the interior and exterior partitions of a suite is often referred to as "compartmenting." This involves the design and installation of a continuously sealed air barrier system to fully enclose a suite, thereby separating it from adjacent indoor and outdoor areas. The air barrier system may consist of any combination of materials, components or assemblies that can be either permanently (for example, drywall to concrete floor slab) or temporarily (weather-stripped corridor or balcony doors) sealed together to form an airtight system.

RESEARCH PROGRAM

A building developer agreed to undertake a project to "compartmentalize" two test suites in a high-rise residential building. The researchers assisted the developer in the compartmenting of the test suites by providing recommendations on the design and implementation of air-tightness details, conducting depressurization testing during construction to provide feedback on the success of the implementation of air leakage control measures, and assessing the degree of compartmentalization ultimately achieved in the test suites.

The two test suites (1707 and 2908) were in the same building but located on different floors and had different floor plans. Different approaches were used to air seal their exterior walls. The exterior walls of suite 1707 had spray-applied polyurethane foam inserted in the wall cavity, while suite 2908 used conventional fiberglass batt insulation, sheet polyethylene and drywall as the basis of the exterior air barrier system. In either case, the exterior wall air barrier system was connected to an interior air barrier system that was based on an adaptation of the "airtight drywall" approach. This approach involves sealing various airtight materials and assemblies of the interior wall, floor and ceiling together to form a continuous air barrier system around the perimeter of the suites.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

Depressurization tests were performed in the test suites before and after the application of drywall to help identify air leakage problems early enough in the construction stage to ensure that problems could be addressed. Additional tests were conducted in neighbouring suites to assess the degree of compartmentalization in conventionally constructed units. Air sealing detail drawings were developed to document the measures implemented.

FINDINGS

The test suites (shown in bold) and conventional suites airtightness tests results are provided in Table 1. They are expressed as equivalent leakage area (ELA), normalized leakage area (NLA), forced air change per hour at 50 Pascals indoor-outdoor pressure difference (ACH @50Pa), and normalized flow index which is the forced air leakage at 75 Pascals divided by the total surface area of the suite tested. For brevity, only the NLA results are discussed here.

Based on the results, the NLA of test suite 1707 does not compare favourably with conventional suite 1708, especially given the fact that spray-applied urethane foam was used in the exterior walls of test suite 1707. It was difficult to find what caused the difference between the results of the two suites. However, when test suite 1707 is compared to other 07 series suites (that is, suites with similar details and floor plans) on different floors, the results are more encouraging in that the test suite was found to be more airtight. It would appear from the limited test data that the 07 series suites are more leaky than the 08 series suites—that is, the average air leakage expressed in terms of NLA was 0.98 cm^2/m^2 (1.43 $in^2/100ft^2$) versus 0.38 cm^2/m^2 (0.55 $in^2/100ft^2$). This suggests that there are inherent features of the 07 suites that make them more leaky.

The NLA of test suite 2908 was much less than the neighbouring conventional suite 2907 indicating that the air sealing in test suite 2908 was relatively successful. However, there was notably more air leakage area in test suite 2908 compared to similar 08 series suites on other floors. This difference is likely due to test suite 2908 being on the uppermost floor—where there are building services penetrating the ceiling to the mechanical penthouse and dropped ceilings that tend to complicate air sealing efforts—in comparison to suites on other floors which are surrounded by concrete on four of six containing surfaces.

In summary, the air sealing work done to compartmentalize test suite 2908 was relatively successful compared to suite 2907. While the NLA of test suite 1707 was less than other 07 suites on different floors, it was anticipated that the use of spray-applied polyurethane foam on the exterior walls would have had a greater impact than it appeared to have. This observation tends to support previous research by CMHC and others that the leakage area of the exterior envelope of suites represents a relatively small proportion of the overall suite leakage area. This emphasizes the need for the design and implementation of air sealing measures as part of the construction of the interior partitions surrounding individual suites.

During the airtightness testing, air leakage locations detected by smoke pencils were documented. The locations included wiring and plumbing penetrations of interior wall, ceiling and floors, under or around interior wall sill plates, window-wall joints, poorly gasketed operable units in windows and balcony doors, and electrical outlets in exterior walls. While detailed design drawings were prepared to guide the implementation of the air sealing measures, construction sequencing and scheduling of the various trades could undermine efforts to seal together various components and assemblies. Additionally, air sealing work could be undone by other trades as they work in, around and through the designated air barrier system.

	Test Suite 1707*	Suite 1708	Suite 2207	Suite 2208	Suite 2907	**Test Suite 2908***
Envelope Area m^2 (ft^2)	**197 (2,121)**	217 (2,334)	197 (2,121)	217 (2,334)	221 (2,379)	**241 (2,594)**
Heated Volume (ft^3)	**4,672**	5,496	4,672	5,496	5,939	**6,987**
Flow Co-efficient C (cfm/Pa^n)	**24.1**	7.3	24.6	6.8	77.6	**17.6**
Flow Exponent (0.5<n<1.00)	**0.45**	0.72	0.51	0.74	0.45	**0.68**
Correlation Coefficient (r^2 > 0.99)	**0.995**	0.998	0.997	0.995	0.998	**0.997**
ELA @ 10 Pa cm^2 (in^2)	**130 (20.1)**	71.6 (11.1)	150 (23.3)	70.3 (10.9)	414 (64.2)	**160 (24.9)**
NLA @ 10 Pa cm^2/m^2 (in^2/ 100 ft^2)	**0.66 (0.95)**	0.33 (0.48)	0.76 (1.1)	0.32 (0.47)	1.87 (2.7)	**0.66 (0.96)**
ACH @ 50 Pa	**1.82**	1.31	2.31	1.33	4.56	**2.18**
Normalized Flow Index L/s/m^2@75 Pa	**0.42**	0.38	0.56	0.38	1.23	**0.68**

Table 1: Airtightness Test Results

106-03887/

CONCLUSIONS

Since the ultimate goal was to assess the extent to which suites could be compartmentalized, it is important to note that the two test suites were constructed with NLA's less than the 0.7 cm^2/ m^2 maximum allowable for energy-efficient houses constructed under the R-2000 Program. Furthermore, data collected for new suites in other buildings constructed by the same developer indicate that NLA's in the range of 1.0 cm^2/ m^2 are to be expected for conventional construction (the conventional suites tested during this project seemed to be exceptionally tight—perhaps due to the use of concrete party walls). In either comparison, it seems that the measures implemented in the test suites did reduce the overall leakage areas.

Smoke pencil testing indicated that the leakage found was primarily a result of leakage from the common corridor and floor-to-floor penetrations as well as minor imperfections in the air barrier on exterior walls. This observation suggests that the development and implementation of air sealing details on interior partitions still represent a challenge to overcome if consistent and effective compartmentalization of individual suites is to be achieved. Air leakage control design guidance for architects and training for contractors will be necessary if individual suites are to be compartmentalized in an efficient and cost-effective manner.

Implications for the Housing Industry

This research demonstrates that the air leakage between suites and common areas in MURBs can be significantly reduced which should, in turn, result in reduced odour transfer, energy consumption, noise transmission and enhanced building envelope durability and smoke/fire control. However, the design professionals and construction contractors will require guidance on proper design and construction details, construction sequencing and quality assurance procedures to ensure the desired results are achieved.

CMHC Project Manager: Duncan Hill, Senior Researcher, Housing Technology Group

Research Consultant: Buchan Lawton Parent Ltd, Toronto, Ontario

Research Report: Evaluation of Air Leakage Control Measures to Compartmentalize Newly Constructed Suites in a High-Rise Residential Building

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our website at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2006, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 30-01-06

OUR WEBSITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

65002

LE POINT EN RECHERCHE

Janvier 2006 Série technique 06-102

ÉVALUATION DES MESURES DESTINÉES À MAÎTRISER LES FUITES D'AIR AFIN DE COMPARTIMENTER LES APPARTEMENTS NOUVELLEMENT CONSTRUITS D'UNE TOUR D'HABITATION

INTRODUCTION

Tant l'expérience pratique que la recherche ont montré que les mouvements d'air d'un étage à l'autre et d'un appartement à l'autre sont relativement courants dans les immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM). Bien que des mesures de maîtrise de la fumée et des incendies soient mises en œuvre là où les installations techniques traversent les séparations coupe-feu, on porte peu d'attention pendant la construction aux éléments qui assurent l'étanchéité à l'air des cloisons intérieures. Le fait de restreindre les mouvements d'air non contrôlés dans les IRLM améliorera la performance du bâtiment en

- limitant la transmission d'odeurs entre les appartements
- améliorant l'intégrité des séparations coupe-fumée et coupe-feu entre les zones
- limitant les pressions dues à l'effet de tirage et au vent sur l'enveloppe du bâtiment qui, autrement, pourraient avoir des répercussions négatives sur la durabilité
- réduisant les flux d'air de ventilation nécessaires au maintien de la pressurisation dans les corridors
- réduisant les voies de transmission du son entre les appartements
- assurant un meilleur appariement de la puissance des systèmes de ventilation et de chauffage dans les logements
- améliorant le confort des occupants

Bien que les avantages intrinsèques de la maîtrise des fuites d'air *dans les* IRLM soient relativement bien compris, on dispose de peu de connaissances pratiques quant à la facilité avec laquelle les cloisons intérieures, entre les appartements, et entre les appartements et les aires communes, pourraient être rendues étanches dans la pratique. Par conséquent, la SCHL a amorcé un projet de recherche afin d'évaluer dans quelle mesure les appartements pourraient être étanchéisés à l'air, l'un par rapport à l'autre, ou par rapport aux autres aires intérieures voisines et à l'extérieur, en faisant appel à des technologies et à des pratiques de construction facilement accessibles.

REMARQUE : L'étanchéisation à l'air des cloisons intérieures et extérieures d'un appartement est souvent appelée « compartimentation ». Cette technique exige de concevoir et d'installer un pare-air étanche continu qui entoure entièrement l'appartement, le séparant ainsi des zones intérieures et extérieures voisines. Le pare-air peut consister en une combinaison de matériaux, de composants ou d'assemblages qui peuvent être scellés les uns aux autres de façon permanente (p. ex., plaque de plâtre et dalle de plancher en béton) ou de façon temporaire (portes de corridor ou de balcon munies de coupe-froid) afin de former un pare-air étanche.

PROGRAMME DE RECHERCHE

Les chercheurs ont trouvé un promoteur immobilier qui a consenti à exécuter les travaux visant à « compartimenter » deux appartements dans une tour d'habitation. Ils ont ensuite aidé le promoteur à compartimenter les appartements en formulant des recommandations sur la conception et la mise en œuvre des éléments d'étanchéité à l'air, en effectuant des essais de dépressurisation pendant la construction d'évaluer la réussite des mesures destinées à maîtriser les fuites d'air et en évaluant le niveau de compartimentation atteint en bout de ligne dans les appartements témoins.

Les deux appartements à l'essai le 1707 et le 2908, dont les plans d'étage étaient différents, étaient situés dans le même immeuble, mais à des étages différents. Pour l'étanchéisation des murs extérieurs, on a fait appel à des techniques différentes. La cavité des murs extérieurs de l'appartement 1707 a été remplie de mousse de polyuréthane pulvérisée, alors que les murs extérieurs

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

de l'appartement 2908 ont été comblés d'isolant en fibre de verre en matelas, puis d'une feuille de polyéthylène et de plaques de plâtre, les derniers éléments constituants le pare-air. Dans les deux cas, le pare-air des murs extérieurs était raccordé à un pare-air intérieur reposant sur une variante de la technique des « plaques de plâtre étanches à l'air ». Cette technique exige que divers matériaux et ensembles de murs intérieurs, de planchers et de plafonds soient scellés les uns aux autres afin d'obtenir un pare-air continu sur tout le pourtour des appartements.

Des essais de dépressurisation ont été effectués avant et après l'application des plaques de plâtre afin de repérer les fuites d'air suffisamment tôt au cours de la construction pour être en mesure de les colmater. Des essais supplémentaires ont été menés dans les appartements voisins afin d'évaluer le niveau de compartimentation des appartements construit de façon classique. Des dessins des détails de l'étanchéisation à l'air ont été élaborés afin de documenter les mesures mises en œuvre.

RÉSULTATS

Le tableau 1 présente les résultats des essais d'étanchéité à l'air effectués dans les appartements à l'essai (indiqués en caractères gras) et les appartements témoins. Les résultats des essais sont exprimés sous forme de surface de fuite équivalente (SFE), de surface de fuite normalisée (SFN), de renouvellement d'air par heure à une différence de pression intérieure-extérieure de 50 Pascals (r.a./h à 50 Pa) et de l'indice de débit normalisé qui correspond à la fuite d'air à 75 Pascals divisée par la surface totale de l'appartement à l'essai. Par souci de concision, seuls les résultats de SFN sont examinés.

Compte tenu des résultats, la SFN de l'appartement à l'essai 1707 ne se compare pas favorablement à l'appartement témoin (1708), particulièrement en ce qui a trait à l'utilisation de mousse d'uréthane appliquée par vaporisation dans les murs extérieurs de l'appartement témoin (1707). Il a été difficile de déterminer la cause de la différence dans les résultats entre les deux appartements. Cependant, lorsque l'on compare l'appartement à l'essai (1707) aux autres appartements dont le numéro se termine par 07 des autres étages (c.-à-d. ceux ayant des détails et des plans d'étage semblables), les résultats sont plus encourageants, en ce sens que l'on a constaté que l'appartement à l'essai était plus étanche. En se fiant aux quelques données d'essais, on note que les appartements dont le numéro se termine par 07 sont plus perméables que ceux dont le numéro se termine par 08 — c'est-à-dire que la fuite d'air moyenne exprimée suivant la SFN était de 0,98 cm^2/m^2 (1,43 $po^2/100\ pi^2$) contre 0,38 cm^2/m^2 (0,55 $po^2/100\ pi^2$). Cela donne à penser que les appartements dont le numéro se termine par 07 comportent des caractéristiques inhérentes qui les rendent plus perméables.

La SFN de l'appartement à l'essai (2908) était beaucoup moindre que celle de l'appartement témoin voisin (2907), ce qui indique que l'étanchéisation de l'appartement à l'essai (2908) avait somme toute porté fruit. Toutefois, il y avait beaucoup plus de fuites d'air dans l'appartement à l'essai (2908) comparativement aux appartements semblables des autres étages dont le numéro se termine par 08. Cette différence est vraisemblablement due au fait que l'appartement à l'essai se situe au dernier étage, où des installations techniques traversent le plafond pour atteindre le local technique, et à la présence de faux-plafond qui contribuent à compliquer les travaux d'étanchéisation à l'air par rapport aux appartements des autres étages dont quatre de leurs six côtés sont composés de béton.

	App. à l'essai 1707*	App. 1708	App. 2207	App. 2208	App. 2907	**App. à l'essai 2908***
Superficie de l'enveloppe en m^2 (pi^2)	**197 (2 121)**	217 (2 334)	197 (2 121)	217 (2 334)	221 (2 379)	**241 (2 594)**
Volume chauffé (pi^3)	**4 672**	5 496	4 672	5 496	5 939	**6 987**
Coefficient de débit C ($pi^3/min/Pa^n$)	**24,1**	7,3	24,6	6,8	77,6	**17,6**
Exposant de débit (0,5<n<1,00)	**0,45**	0,72	0,51	0,74	0,45	**0,68**
Coefficient de corrélation ($r^2 > 0,99$)	**0,995**	0,998	0,997	0,995	0,998	**0,997**
SFE à 10 Pa cm^2 (po^2)	**130 (20,1)**	71,6 (11,1)	150 (23,3)	70,3 (10,9)	414 (64,2)	**160 (24,9)**
SFN à 10 Pa cm^2/m^2 ($po^2/100\ pi^2$)	**0,66 (0,95)**	0,33 (0,48)	0,76 (1,1)	0,32 (0,47)	1,87 (2,7)	**0,66 (0,96)**
r.a./h à 50 Pa	**1,82**	1,31	2,31	1,33	4,56	**2,18**
Indice de débit normalisé L/s/m^2 à 75 Pa	**0,42**	0,38	0,56	0,38	1,23	**0,68**

Tableau 1 : Résultats des essais d'étanchéité à l'air

En résumé, le travail d'étanchéisation à l'air effectué afin de compartimenter l'appartement à l'essai (2908) a somme toute réussi par comparaison à celui de l'appartement 2907. Bien que la SFN de l'appartement à l'essai (1707) soit inférieure à celle des appartements des autres étages dont le numéro se termine par 07, on prévoyait que la mousse de polyuréthane appliquée par vaporisation aurait une incidence plus importante qu'elle semble avoir eue. Il semble donc que cette constatation appuie les recherches antérieures effectuées par la SCHL et d'autres intervenants qui concluaient que la surface de fuite de l'enveloppe extérieure des appartements ne représente qu'une proportion minime de la surface de fuite totale des appartements. Cela met en évidence le besoin de concevoir et de mettre en œuvre des mesures d'étanchéisation à l'air dans le cadre de la construction des cloisons intérieures qui forment le périmètre de chaque appartement.

Au cours des essais d'étanchéité à l'air, les emplacements de fuites d'air détectés grâce aux crayons fumigènes ont été consignés. Ces emplacements comprenaient les points de pénétration des câbles électriques et des canalisation de plomberie dans les murs intérieurs, les plafonds et les planchers, au-dessous ou autour des lisses d'assise des murs intérieurs, les joints entre les murs et les fenêtres, les fenêtres ouvrantes et les portes de balcon munis de coupe-froid défectueux, et les prises électriques dans les murs extérieurs. Bien que les dessins de conception détaillés aient été préparés afin de servir de guide à la mise en œuvre des mesures d'étanchéisation à l'air, l'ordonnancement des travaux de construction et le calendrier des travaux effectués par les divers corps de métier auraient pu miner les efforts visant à rendre étanche les différents composants et assemblages. De plus, les travaux d'étanchéisation à l'air pouvaient être compromis par d'autres corps de métier lorsqu'ils devaient travailler dans le pare-air, à proximité ou à travers.

CONCLUSIONS

Puisque que le but ultime des travaux était d'évaluer dans quelle mesure les appartements pouvaient être compartimentés, il est important de souligner que les deux appartements mis à l'essai ont été construits avec une SFN inférieure à 0,7 cm^2/m^2, valeur maximale admissible pour les maisons éconergétiques construites dans le cadre du programme R-2000. En outre, les données relatives à la SFN recueillies dans d'autres appartements nouvellement construits d'immeubles érigés par le même promoteur, indiquent que des SFN se rapprochant de 1,0 cm^2/m^2 sont prévues dans le cas d'une construction classique (les appartements classiques mis à l'essai dans le cadre de cette recherche semblaient exceptionnellement étanches – peut-être en raison de la présence de murs mitoyens en béton entre les appartements). Dans l'une ou l'autre des comparaisons, il semble que les mesures mises en œuvre dans les appartements qui ont fait l'objet d'essais aient réellement réduits les surfaces totales de fuite.

Les essais à l'aide d'un crayon fumigène indiquent que les fuites découvertes provenaient essentiellement du corridor commun et de points de pénétration d'étage à étage, de même que de légères imperfections dans le pare-air des murs extérieurs. Cette constatation donne à penser que l'élaboration et la mise en œuvre des détails d'exécution de l'étanchéisation à l'air des cloisons intérieures présentent toujours des difficultés si on veut obtenir une compartimentation uniforme et efficace de chacun des appartements. Si des appartements doivent être compartimentés d'une manière efficace et rentable, il faudra que des directives visant la conception destinée à étanchéiser les fuites d'air soient rédigées à l'intention des architectes, et prévoit la formation des entrepreneurs.

Conséquences pour le secteur du logement

La recherche dont il est question ici révèle que les fuites d'air entre les appartements et les aires communes des IRLM peuvent être réduites de façon importante, ce qui devrait contribuer à une réduction de la transmission des odeurs, de la consommation d'énergie et de la transmission du bruit ainsi qu'à l'amélioration de la durabilité de l'enveloppe du bâtiment et de la protection contre la fumée et l'incendie. Toutefois, afin de garantir l'atteinte des résultats, les professionels de la conception et les contracteurs de la construction devront disposer de directives visant les détails de conception et de construction adéquats, l'ordonnancement des travaux de construction et les méthodes d'assurance de la qualité.

Directeur de projet pour la SCHL : Duncan Hill, recherchiste principal, Groupe de la technologie résidentielle

Consultant : Buchan Lawton Parent Ltd., Toronto (Ontario)

Rapport de recherche : Évaluation des mesures destinées à maîtriser les fuites d'air afin de compartimenter les appartements nouvellement construits d'une tour d'habitation

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2006, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 30-01-06

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

65003